

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 02 SEP 2003

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen: 102 55 468.4

Anmeldetag: 28. November 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem
Sensorsignal eines Drehwinkelsensors

IPC: G 01 B 7/30

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

5 11.11.2002

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Beschreibung

10

Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine entsprechende Drehwinkelsensoranordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6.

20

Drehwinkelsensoren werden in einer Vielzahl von Applikationen eingesetzt, um Winkelstellungen von drehenden Gegenständen zu messen. Üblicherweise werden magnetische oder optische Sensoren verwendet, mit denen eine berührungslose Messung möglich ist. Eine Applikation aus dem Automobilbereich ist

25

z.B. die Ermittlung des Lenkrad- oder Lenkwinkels eines Kfz.

35

Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Messanordnung zur Messung des Drehwinkels einer rotierenden Achse 1, die in Richtung des Pfeils A gedreht werden kann. Die dargestellte Meßanordnung umfaßt einen an einem Ende der Achse 1 angeordneten Sensor 2 mit einer daran angeschlossenen Auswerteeinheit 4, wobei der Sensor 2 mit einem stationär angeordneten Geber 3 zusammenwirkt. Der Geber 3 umfaßt in diesem Fall einen Dauermagneten, der im Sensor 2 z.B. eine Spannung induziert. Als Sensorelement können beispielsweise Hall-Sensoren, magnetoresistive Sensoren (MR-Sensoren), Magnetotransistoren, etc. verwendet werden.

40

Ein typischer Drehwinkelsensor, wie er vielfach für die Erfassung des Lenkradwinkels in einem Kfz verwendet wird, hat beispielsweise die in Fig. 2a dargestellte Kennlinie. Wie zu

5 erkennen ist, umfaßt das Sensorsignal α_s des Sensors 2 den gesamten Meßbereich (z.B. zwischen -800° und $+800^\circ$ Lenkradeinschlag α_L), so dass am Ausgang des Sensors 2 bzw. der Auswerteeinheit 4 der tatsächliche Lenkradwinkel α_L ausgegeben wird. Eine Lenkbewegung, wie sie in Fig. 2b mit dem Bezugszeichen 6 dargestellt ist, bei der das Lenkrad aus der Nullstellung ($\alpha_L=0^\circ$) bis zum Anschlag nach rechts (z.B. $\alpha_L=800^\circ$) eingeschlagen und von dort bis zur Nullstellung zurückgedreht wird, wird daher vom Sensor 2 eindeutig abgebildet. Das Sensorsignal 7 ist in der Fig. 2b deswegen stufenartig dargestellt, weil es sich in diesem Beispiel um ein digitalisiertes Signal 7 handelt.

Das Sensorsignal 7 kann von weiteren im Fahrzeug angeordneten Systemen 4, wie z.B. von einem Fahrdynamikregelungssystem (z.B. ESP: Electronic Stability Program) weiterverarbeitet werden.

Sensoren 2 mit einer über einen großen Messbereich linearen Kennlinie haben den Nachteil, dass sie relativ aufwendig konstruiert und somit teuer sind.

Es ist daher wünschenswert, andere, einfacher aufgebaute Standard-Sensoren zur Winkelmessung zu verwenden, die insbesondere keine Mittel zur Zählung von vollen Umdrehungen und keine Drehrichtungserkennung benötigen. Ein solcher Sensor kann beispielsweise aus mehreren MR-Sensorelementen realisiert sein.

Die Sensorkennlinie eines solchen Drehwinkelsensors ist beispielhaft in Fig. 3a dargestellt. Wie zu erkennen ist, umfaßt der Meßbereich des Drehwinkelsensors nur einen Teilbereich (von $-p$ bis $+p$) eines Gesamtmeßbereichs für einen Drehwinkel α_L . Für Winkel α_L , die über den Teilmeßbereich (z.B. zwischen -120° und $+120^\circ$) hinausgehen, wiederholt sich die Kennlinie 5 des Sensors periodisch. Zwischen den einzelnen Perioden der Kennlinie 5, die auch als Segmente S

- 5 bezeichnet werden können, zeigt die Kennlinie 5 jeweils einen Kennliniensprung 8. Umfasst der Teilmessbereich des Drehwinkelsensors z.B. Winkel zwischen -120° und $+120^\circ$, so werden Drehwinkel α_L , die in diesem Bereich liegen, eindeutig angezeigt. Bei einem Drehwinkel von 121° liefert der
- 10 Drehwinkelsensor dagegen ein Ausgangssignal α_S , welches einem Drehwinkel von -119° entspricht.

- Eine Drehbewegung einer Achse, wie sie in Fig. 3b mit dem Bezugszeichen 6 dargestellt ist, wird daher zu dem
- 15 Sensorsignal 7 führen. Ein solches Sensorsignal 7 kann nicht unmittelbar von einer nachgeordneten Einrichtung 4, wie z.B. einem Fahrdynamikregelungssystem, verarbeitet werden, da das Sensorsignal 7 nicht eindeutig ist.

- 20 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, aus einem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors, der eine periodische Kennlinie mit mehreren Segmenten aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge auftreten, ein Winkelsignal zu rekonstruieren, das den tatsächlichen Drehwinkel eines
- 25 Gegenstandes seit Initialisierung des Sensors eindeutig wiedergibt.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 und 6 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

- Der wesentliche Gedanke der Erfindung besteht darin, das Sensorsignal des Drehwinkelsensors zu überwachen und positive
- 35 oder negative Signalsprünge im Sensorsignal zu ermitteln. Bei Feststellung eines Signalsprungs wird ein Segmentwert erzeugt, der angibt, in welchem Segment der Sensorkennlinie der aktuell gemessene Drehwinkel seit Initialisierung des Sensors liegt. Aus dem Segmentwert und dem Sensorsignal kann
- 40 eine Auswerteeinheit den tatsächlichen Gesamt-Drehwinkel (seit Initialisierung des Sensors) in einfacher Weise

5 ermitteln und somit ein eindeutiges Winkelsignal
rekonstruieren. Somit kann ein besonders einfach aufgebauter
und damit kostengünstiger Drehwinkelsensor benutzt werden.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden
die positiven und negativen Signalsprünge im Sensorsignal
durch Schwellenwertüberwachung der Änderungsrate des
Sensorsignals ermittelt. D.h., es wird ein Signalsprung
angenommen, wenn die Änderungsgeschwindigkeit des
15 Sensorsignals einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.
Ob es sich um einen positiven (von kleineren Werten zu
größeren Werten) oder einen negativen (von größeren Werten zu
kleineren Werten) Signalsprung handelt, kann durch Vergleich
der vom Drehwinkelsensor gelieferten Winkelwerte in einfacher
Weise ermittelt werden.

20 Vorzugsweise ist ein Segmentzähler vorgesehen, der bei der
Initialisierung des Drehwinkelsensors einen vorgegebenen
Segmentwert SN (z.B. SN=0) enthält und der bei Vorliegen
eines positiven oder negativen Signalsprungs z.B.
25 inkrementiert oder dekrementiert wird. Bei einer
Sensorkennlinie, wie sie in Fig. 3a dargestellt ist, wird der
Segmentzähler bei Vorliegen eines negativen Signalsprungs
vorzugsweise um 1 inkrementiert und bei Vorliegen eines
positiven Signalsprungs um 1 dekrementiert.

Die Auswerteeinheit kann aus dem aktuellen Sensorsignal in
Verbindung mit dem zugehörigen Segmentwert in einfacher Weise
das tatsächliche Winkelsignal rekonstruieren. Hierzu addiert
die Verarbeitungseinheit vorzugsweise einen Winkel zum
35 Sensorsignal, der eine Funktion des Segmentwertes ist.
Beispielsweise wird ein Winkel $SN \cdot \alpha(S)$ zum Sensorsignal
hinzugaddiert, wobei SN der Segmentwert und $\alpha(S)$ ein der
Segmentgröße entsprechender Winkel ist.

40 Eine erfindungsgemäße Drehwinkelsensoranordnung umfaßt einen
Drehwinkelsensor, der eine periodische Kennlinie mit mehreren

5 Segmenten aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge
auftreten, sowie eine Verarbeitungseinheit die in der Lage
ist, aus dem Sensorsignal und einem Segmentwert ein
Winkelsignal zu rekonstruieren, das die tatsächliche
Drehbewegung einer Vorrichtung seit Initialisierung des
10 Drehwinkelsensors eindeutig wiedergibt, wobei die
Verarbeitungseinheit wie vorstehend beschrieben arbeitet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten
Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1 ein Beispiel einer Meßanordnung zur Messung eines
Drehwinkels einer rotierenden Achse;

20

Fig. 2a die Kennlinie eines aus dem Stand der Technik
bekannten Drehwinkelsensors;

Fig. 2b das Sensorsignal des Drehwinkelsensors von Fig. 2a;

25

Fig. 3a die Sensorkennlinie eines bekannten Drehwinkelsensors
mit periodischer Kennlinie;

Fig. 3b das Sensorausgangssignal des Sensors von 3a;

Fig. 4a ein Sensorsignal eines Drehwinkelsensors mit
periodischer Kennlinie;

Fig. 4b den Zählerstand eines Segmentzählers bei Vorliegen
des Signals von Fig. 4a;

35

Fig. 4c das rekonstruierte Winkelsignal; und

Fig. 5 ein Flussdiagramm zur Darstellung der wesentlichen
Verfahrensschritte bei der Rekonstruktion eines Winkelsignals
aus einem Sensorsignal.

40

- 5 Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1 bis 3 wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 4a zeigt ein Sensorsignal 7 eines Drehwinkelsensors 2 mit einer periodischen Kennlinie, wie sie in Fig. 3a
10 beispielhaft dargestellt ist. Die Signalsprünge a-d im Sensorsignal 7 ergeben sich dadurch, dass der tatsächliche Drehwinkel α_L der Welle 1 über die Teilmessbereichsgrenzen $-p, +p$ des Drehwinkelsensors 2 hinausläuft. Dies wird im folgenden anhand eines anschaulichen Beispiels näher
15 erläutert.

Zur Bestimmung des Lenkradwinkels eines Kfz wird beispielsweise eine Anordnung verwendet, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Der Drehwinkelsensor 2 ist beispielsweise in
20 der Lage, Drehwinkel in einem Teilmessbereich von -180° ($-p$) bis $+180^\circ$ ($+p$) zu messen. Dieser Teilmessbereich entspricht dem Segment S0 der Sensorkennlinie von Fig. 3a. Drehwinkel, die außerhalb dieses Segments S0 liegen, werden in den gleichen Messbereich abgebildet, wodurch eine eindeutige
25 Positionsangabe nicht möglich ist. D.h., ein Winkel von $+185^\circ$ wird denselben Sensorausgangswert erzeugen wie ein Drehwinkel von -175° .

Läuft die Drehbewegung der Welle 1 zum Zeitpunkt t_1 über die Segmentgrenze $+p$ hinaus, so vollzieht das Sensorausgangssignal einen Rücksprung a auf den Sensorausgangswert des nächsten Segments S1. Der tatsächliche Drehwinkel α_L der Achse 1 befindet sich im Zeitabschnitt t_1 bis t_2 also im Segment 1 der Sensorkennlinie von Fig. 3a.
35

Zum Zeitpunkt t_2 unterschreitet der Drehwinkel α_L wiederum die Segmentgrenze zwischen dem Segment S0 und S1. Das Sensorsignal springt somit zum Zeitpunkt t_2 (Fig. 4a) auf den Endwert des Segments S0. Dieser positive Signalsprung ist mit dem Bezugszeichen b gekennzeichnet. Zwischen den Zeitpunkten
40

- 5 t_2, t_3 befindet sich der tatsächliche Drehwinkel daher im Segment S_0 .

Bei weiterem Zurückdrehen der Achse unterschreitet der Drehwinkel dann die untere Segmentgrenze $-p$ des Segments S_0
10 und das Sensorsignal 1 springt mit einem positiven Signalsprung c (siehe Kennlinie von Fig. 3a) auf den Endwert des Segments S_{-1} . Der tatsächliche Drehwinkel α_1 befindet sich somit im Segment S_{-1} .

- 15 Wird die Drehrichtung der Achse zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 umgekehrt, und überschreitet der tatsächliche Drehwinkel zum Zeitpunkt t_4 die Segmentgrenze zwischen dem Segment S_{-1} und dem Segment S_0 , so erfolgt im Sensorsignal 7 ein negativer Signalsprung d .

20 Das Segment, in dem sich der tatsächliche Drehwinkel (seit Initialisierung des Sensors 2) befindet, wird mit Hilfe eines Segmentwertes SN dargestellt, wie er in Fig. 4b gezeigt ist. Die Drehwinkelsensoranordnung von Fig. 1 umfaßt hierzu einen
25 Segmentwertzähler, der bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors einen vorgegebenen Wert (vorzugsweise 0) aufweist und der in Abhängigkeit davon, ob ein positiver oder ein negativer Signalsprung im Sensorsignal von Fig. 4a auftritt, entweder inkrementiert oder dekrementiert wird.

Ein Signalsprung wird von der Signalverarbeitungseinheit 4 dadurch erkannt, dass die Signaländerungsrate des Sensorsignals einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt. Die Verarbeitungseinheit 4 kann nun in einfacher Weise das in
35 Fig. 4c gezeigte Winkelsignal 9 rekonstruieren. Hierzu addiert sie zum aktuellen Sensorsignal 7 jeweils das SN -fache einer Segmentbreite, z.B. $SN \cdot 360^\circ$, wobei SN der Segmentwert ist.

- 40 Bei dem vorangegangenen Beispiel wurde davon ausgegangen, dass sich die Achse 1 bei der Initialisierung des

- 5 Drehwinkelsensors 2 in der Nullstellung, also im Segment S0 befindet. Befindet sich die Achse 1 dagegen in einer Winkelposition außerhalb des Segments S0, so muß das Winkelsignal 2 noch um diese Abweichung korrigiert werden. Der bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors 2
- 10 vorliegende Offset kann beispielsweise dadurch berücksichtigt werden, dass die Achsstellung beim Ausschalten des Sensors 2 gespeichert wird (vorausgesetzt, die Achse 1 wird bei ausgeschaltetem Sensor nicht bewegt).
- 15 Im Falle eines Lenkradwinkelsensors in einem Kfz, erfolgt die Initialisierung des Sensors 2 z.B. beim Einschalten der Zündung und das Ausschalten des Sensors 2 beim Ausschalten der Zündung. Da beim Ausschalten der Zündung das Lenkrad in Parkstellung üblicherweise blockiert ist, entspricht die
- 20 Winkelstellung des Lenkrades beim erneuten Einschalten der Zündung der Position des Lenkrades beim vorhergehenden Ausschalten.
- Weitere Maßnahmen zur Erkennung eines Offsets des
- 25 Drehwinkelsensors 2, wie beispielsweise die Verwendung eines zusätzlichen Sensors, sind ebenfalls denkbar.
- Fig. 5 zeigt die wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Rekonstruktion eines Winkelsignals 9 aus dem Sensorsignal 7 eines Drehwinkelsensors 2, der eine periodische Kennlinie 3 mit mehreren Segmenten S aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge 8 auftreten.
- Dabei wird in einem ersten Schritt 15 das Sensorsignal 7
- 35 eingelesen und in Schritt 16 positive und negative Signalsprünge a-d des Sensorsignals 7 erfasst. Bei Feststellen eines Signalsprungs in Schritt 17 wird ein Segmentwert SN erzeugt, der angibt, in welchem Segment S der Sensorkennlinie 3 der aktuell gemessene Drehwinkel α_1 liegt.
- 40 In Schritt 18 kann die Auswerteeinheit 4 aus dem Sensorsignal 7 und dem Segmentwert SN den Gesamt-Drehwinkel seit

- 5 Initialisierung des Sensors 2 ermitteln. Hierzu addiert die Auswerteeinheit 4 beispielweise einen Winkel zu Sensorsignal 7, der eine Funktion des Segmentwertes SN und der Segmentbreite ist.

5 11.11.2002

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Bezugszeichenliste

10

1 Achse

2 Sensor

3 Geber

4 Auswerteeinheit

15 5 Sensor-Kennlinie

6 Bewegungsverlauf

7 Sensorausgangssignal

8 Kennliniensprünge

9 Rekonstruiertes Winkelsignal

20 15-18 Verfahrensschritte

S Segment

SN Segmentnummer

 α_L Drehwinkel α_S vom Sensor angezeigter Drehwinkel

25 +p, -p Segmentgrenzen

t1-t4 Zeitpunkte

a-d Signalsprünge

5 11.11.2002

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Patentansprüche

10

1. Verfahren zur Rekonstruktion eines Winkelsignals (9) aus dem Sensorsignal (7) eines Drehwinkelsensors (2), der eine periodische Kennlinie (5) mit mehreren Segmenten (S) aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge (8) auftreten, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

15

- Erfassen von positiven und negativen Signalsprüngen (a-d) im Sensorsignal (7),
- Erzeugen eines Segmentwerts (SN) nach Feststellung eines Signalsprungs (a-d), der angibt, in welchem Segment (S)
- 20 ein aktuell gemessener Drehwinkel (α_L) liegt, und
- Rekonstruieren des Winkelsignals (9) aus dem Sensorsignal (7) und dem Segmentwert (SN).

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass positive und negative Signalsprünge (a-d) im Sensorsignal (7) durch Schwellenwertüberwachung der Änderungsrate des Sensorsignals (7) erfasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Segmentwert (SN) bei Erkennung eines positiven oder negativen Signalsprungs inkrementiert oder dekrementiert wird.

35

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum aktuellen Sensorsignal (7) ein Winkel addiert wird, der eine Funktion des Segmentwertes (SN) und der Segmentbreite ist.

40

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Offset-Korrektur des rekonstruierten Winkelsignals (9) durchgeführt wird.

5

6. Drehwinkelsensoranordnung mit einem Drehwinkelsensor (2), dessen Messbereich nur einen Teilbereich $(-p, +p)$ des Gesamt-Messbereichs umfasst und der eine periodische Kennlinie (5) mit mehreren Segmenten (S) aufweist, zwischen denen

10 Kennliniensprünge (8) auftreten, und einer Auswerteeinheit (4), dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) derart eingerichtet ist, dass sie positive und negative Signalsprünge (a-d) im Sensorsignal (7) erfasst, nach dem Auftreten eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d)

15 jeweils einen neuen Segmentwert (SN) ermittelt und aus dem Sensorsignal (7) und dem Segmentwert (SN) ein eindeutiges Winkelsignal (9) rekonstruiert.

20

7. Drehwinkelsensoranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) das Sensorsignal (7) Schwellenwert überwacht, um positive und negative Signalsprünge (a-d) zu erkennen.

25

8. Drehwinkelsensoranordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) einen Segmentzähler umfaßt, der bei Erkennen eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d) inkrementiert oder dekrementiert wird.

35

9. Drehwinkelsensoranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) jeweils einen Winkel zum Sensorsignal (7) addiert, der eine Funktion des Segmentwerts (SN) und der Segmentbreite ist.

10. Drehwinkelsensoranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erkennung eines Offsets bei der Initialisierung der Drehwinkelsensoranordnung (2,4) vorgesehen sind.

5 11.11.2002

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Zusammenfassung

10

Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem Sensorsignal eines
Drehwinkelsensors

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konstruktion eines Winkelsignals (9) aus einem Sensorsignal (7) eines Drehwinkelsensors (2), der eine periodische, mehrere Segmente (S) aufweisende Kennlinie (5) hat, in der Kennliniensprünge (8) auftreten. Zur Rekonstruktion des Winkelsignals (9) wird vorgeschlagen, positive und negative Signalsprünge (a-d) des Sensorsignals (7) zu ermitteln und bei Feststellung eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d) eine Segmentnummer (SN) zu erzeugen. Eine Auswerteeinheit (4) kann auf der Grundlage der Segmentnummer (SN) und des Sensorsignals (7) das Winkelsignal (9) rekonstruieren.

25

1 / 4

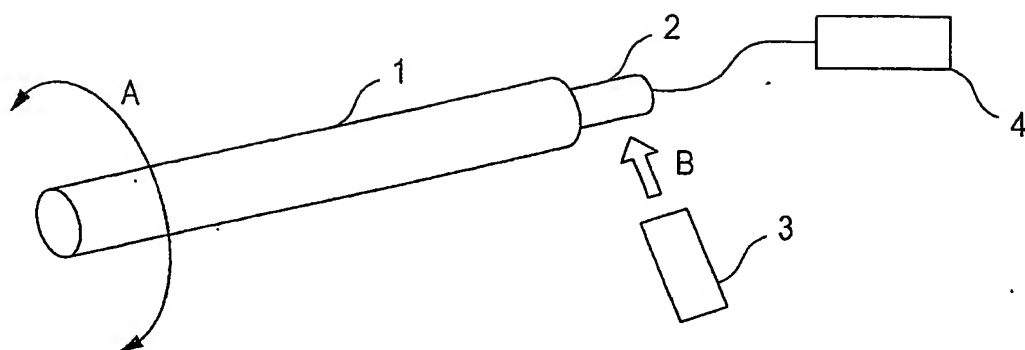


Fig. 1

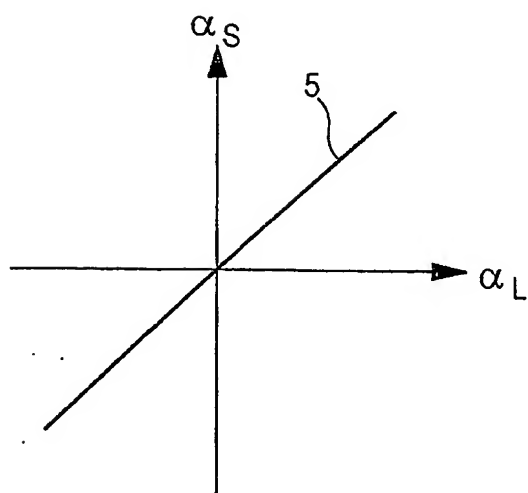


Fig. 2a

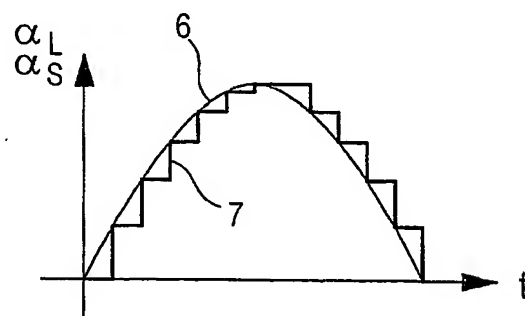


Fig. 2b

2 / 4

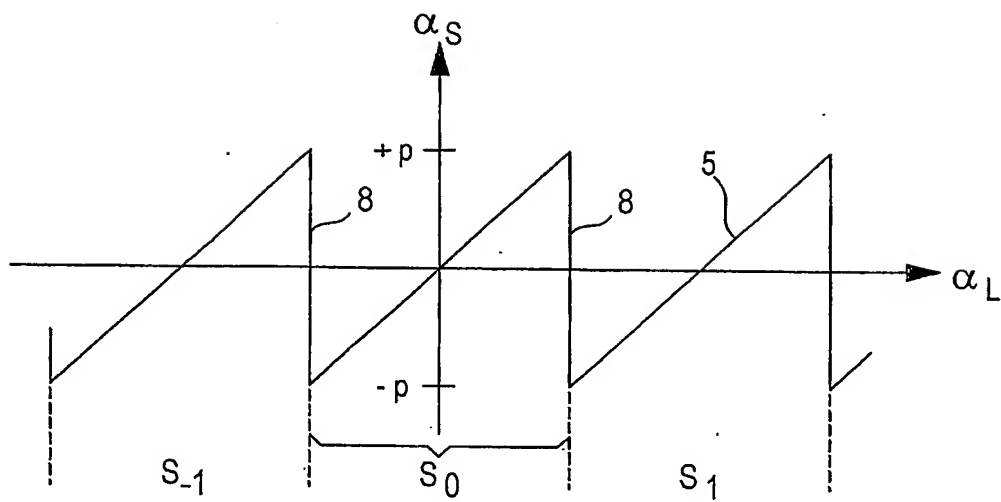


Fig. 3a

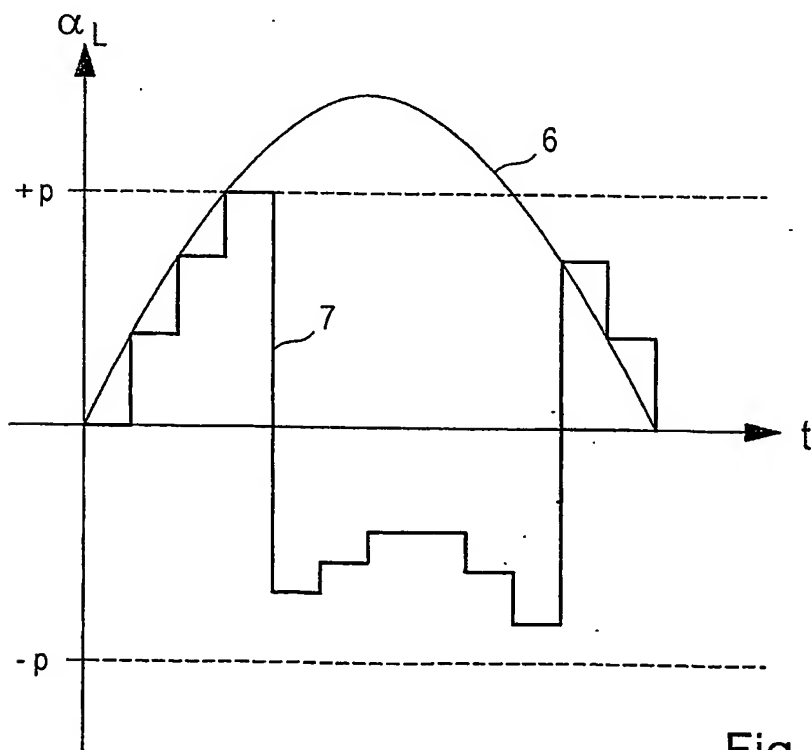


Fig. 3b

3 / 4

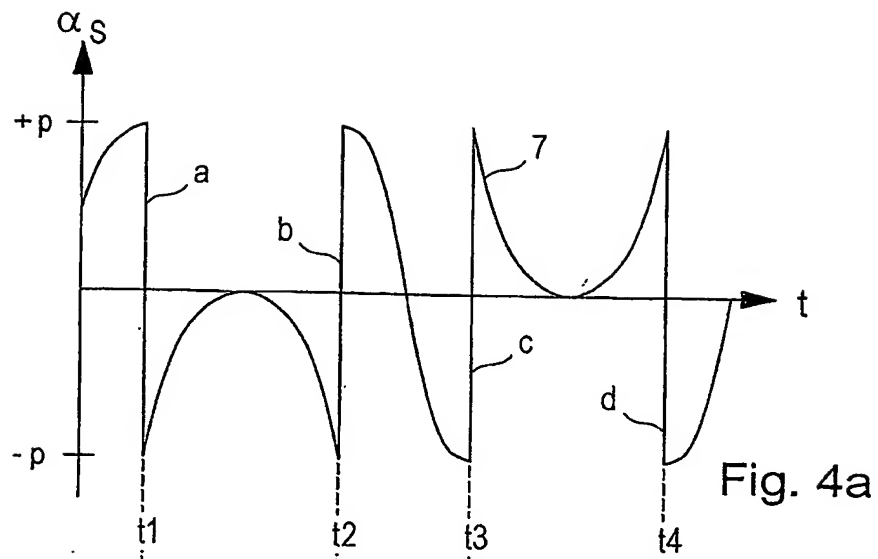


Fig. 4a

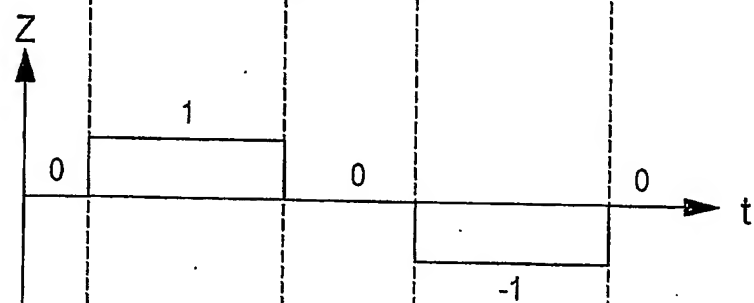


Fig. 4b

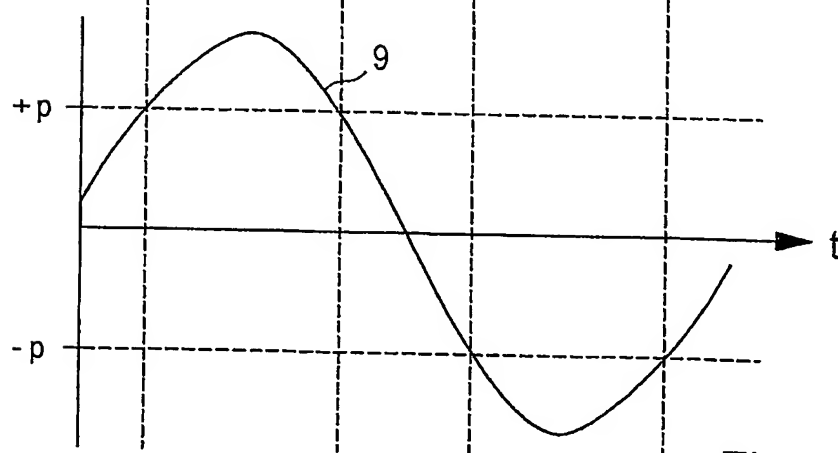


Fig. 4c

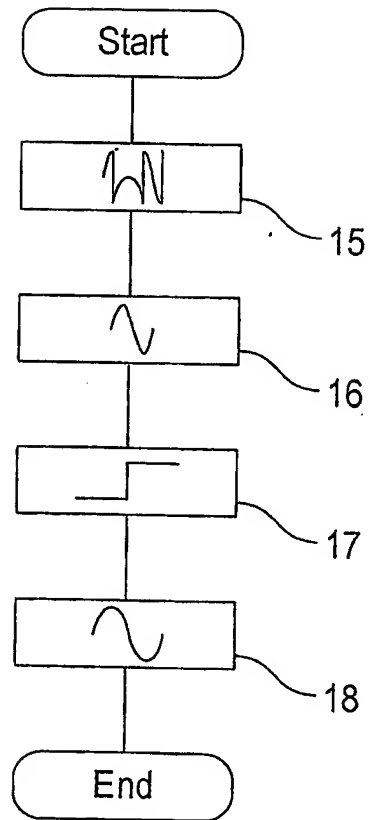


Fig. 5